从深空探测大国迈向行星科学强国

万卫星[1,2*]　魏 勇[1,2]　郭正堂[1,2]　徐义刚[2,3]　潘永信[1,2]

1 中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029
2 中国科学院大学 北京 100049
3 中国科学院广州地球化学研究所 广州 510640

摘要 自伽利略1609年将望远镜指向星空迄今，已逾400年。1959年苏联“月球2号”首次抵达月球，开启深空探测时代。1969年美国“阿波罗11号”首次载人登月，催生建立行星科学。纵观人类深空探测60年，先后出现两次探测热潮、两个深空探测大国（美国、苏联）。苏联领先又衰落，仅留给历史一个深空探测大国的背影，而美国成功转型为深空探测强国，至今在世界行星科学最前沿领航。探索浩瀚宇宙，是全人类的共同梦想。作为正在发展中的深空探测大国，我国应该怎样立足国情，走出一条有中国特色的行星科学强国之路？文章参照历史，梳理现状，畅想未来，给出我们的思考：大力培养行星科学人才，尽快实现科学引领深空探测。

关键词 深空探测，行星科学，一级学科，国家战略

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2019.07.003

古往今来，人们世代思考3个最深邃的问题：我们从哪里来？我们向何处去？我们在宇宙中是否孤独？无论答案曾有过多少种，可以肯定的是，人们在地球上只能穷尽证据，却无法找到判据，因为“不识庐山真面目，只缘身在此山中”。走出地球再回望，置身局外才能获得更有意义的全新视角。因此，深空探测承载的不仅仅是人类对宇宙和自身的好奇，还有寻求判据的希望。

对行星的观察与探索使哲学思考变成科学行动，深刻改变了人类追寻答案的路径。1610年，伽利略发现木星的卫星在围绕木星转动，促成了从“地心说”到“日心说”的伟大转折，并对人们的社会、文化、宗教和科学观产生了深远影响。1947年，美国人把照相机装载在二战中缴获的德国V2火箭上，并发射到超过100公里高度，使得人类第一次俯瞰到蓝色行星，建立了“行星地球”的观念。1958年，美国“Explorer 1”卫星发现地球上空数万公里处永久存在核爆一样的辐射带，让人们意识到太空环境的险恶，更倾向于相信地球生命的孤独。其后，随着深空探测的大规模开展，探测器先后到达月球、金星、火星等，

*通讯作者
资助项目：国家自然科学基金（41621063、41621004）
修改稿收到日期：2019年6月15日

并传回地表照片，人们初步确信太阳系内再无人类，也对生命的起源和演化更加迷惑。达尔文认为生物的演化是渐进式的，行星科学家和地质学家却在墨西哥发现了导致恐龙瞬间灭绝的小行星撞击的痕迹，并类比布满月球的陨石坑证明了地球历史上被撞击的高发性。1994年，行星科学家直播了“苏梅克-列维9号”彗星撞击木星。那一刻，撞击的巨大威力让全人类目瞪口呆，而行星科学家又大受启发，加速了“地球大撞击”月球起源假说的发展，指明了探索月球形成与演化的新方向。时至今日，即便是一直幻想找到地外智慧生命的人们，也已不再对炼狱般酷热的金星和寒冷狂风肆虐的火星失望，因为我们知道，太阳系所有行星都是起源于同一团星云的同胞兄弟，只是地球的演化路径比较幸运罢了。

1 相辅相成：深空探测与行星科学

人们心系答案，开展深空探测，以精细尖端的技术构筑庞大浩繁的工程，将人类的感知拓展延伸到太阳系的行星、卫星、矮行星、小行星、彗星等天体。那些极具热情又富有想象力的科学家，研究这些感知结果，将其融入我们的知识体系，革新我们的观念，升级我们的答案，再指明未来探测方向。从而形成了一个专门的学问，叫作“行星科学”。

（1）行星科学何时诞生？尽管伽利略有时被称为“行星科学之父”，但是人们通常认为现代行星科学建立于20世纪60年代末—70年代初。如果要精确到年，应当是1969年。这一年，虽然距离伽利略仰望星空已有360年之遥，距离苏联首次撞月也过去了10年，但是3个标志性的事件真正为行星科学奠定了基础。① 地球板块构造理论的建立。板块构造是人类理解行星地球整体行为的一座思想高峰，它勾画了一个多圈层时空耦合的行星，物质和能量在各圈层和圈层间不断循环。我们生存的家园并非祥和宁静，而是一直在进行沧海桑田的变迁。② 美国天文学会宣布成立行星科学部。新的行星科学部秉持开放包容的理念，降低会员费和入会条件，号召天文学、地球科学等所有相关领域研究人员共同加入，也包括了一些后来在深空探测中数建奇功的业余爱好者[1]。③ “阿波罗11号”成功实现首次载人登月。“阿波罗登月计划”共分6次将12名宇航员送上月球，采回382千克月壤，在月表进行了大量科学实验，奠定了行星科学研究的基础。并且载人登月还造成了极大的公众影响力，对行星科学人才培养和经费保障都形成了极为有利的局面。

（2）行星科学因何诞生？1958年，美国宇航局决定对太阳系进行深空探测之后，第一项工作是寻找科学家，但是“looked around for … people to do the science and found nobody（到处找人却发现无人可找）”[2]；于是，美国宇航局不得不“cajole … and provide enormous incentives for people to… work on planetary science（引诱……和巨额激励那些愿意做行星科学研究的人）”[2]。这项策略无疑取得了很好的效果，许多年轻的科学家和研究生都加入到这个队伍中来，成长为美国第一批行星科学家。1960年，美国第一个行星科学研究机构——月球与行星科学实验室在美国亚利桑那大学成立，该实验室至今仍是世界行星科学研究机构中的佼佼者。1972年，依托该实验室又成立了第一个行星科学系，标志着行星科学人才教育培养体系的开端。其办学模式为：一线科学家上讲台，研究生进入实验室科研，教学和研究围绕正在进行的探测任务展开。该系为数十个深空探测任务提供了科学支撑，也保证了高质量的科学成果产出，可以说是当代大学发展中“科教融合”的一个极为成功的案例。

（3）行星科学与深空探测是什么关系？从美国相关科学发展的历史角度看，二者关系虽然密不可分，但仍然可以从3个层面来观察。① 深空探测催生了行星科学。行星科学根植于天文学和地球科学两大学

科。天文学视角相对宏观，通过研究行星来理解太阳系乃至宇宙的起源和整体演化，典型问题如太阳系内外行星宜居带、行星轨道迁移等；而地球科学更注重行星本身细节，通过研究行星来理解地球与行星的起源和整体演化，典型问题如行星多圈层耦合、行星宜居环境起源与演化等。深空探测的科学目标并不局限于任何学科，所采用的技术手段也多种多样，以天文学和地球科学为主的众多学科交汇融通，催生了行星科学，即行星科学脱胎于传统学科体系。② 行星科学牵引了深空探测。行星科学的研究目标决定了探测方式，引领探测技术发展。我们熟知的例子正是“阿波罗登月计划”。参与该计划的约有 2 000 多家企业、200 多所大学和 80 多个科研机构，总人数超过 30 万。该计划促进了许多领域的技术进步，催生了液体燃料火箭、微波雷达、无线电制导、合成材料、计算机、无线通信等一大批高科技工业群体。后来通过该计划取得的技术进步成果转向民用（4 000 余项高科技专利、技术被转为民用），带动了美国整个科技的发展与工业繁荣。③ 行星科学与深空探测相辅相成。没有深空探测，行星研究就只能停留在望远镜观测，即使历经 360 年也无法形成独立学科。没有行星科学，深空探测就只能停留在美苏争霸阶段，美苏两个深空探测大国兴衰的分水岭正是在于行星科学的建立与发展。行星科学在深空探测任务的目标规划、实施保障、成果产出 3 个方面都起到关键作用，而深空探测又是行星科学信息来源的基础，决定了行星科学的发展速度和水平。

2 兴衰互鉴：苏联深空探测的衰落与美国行星科学的繁荣

本文第一部分主要谈论美国的情况，美国不仅是经历了两次深空探测热潮的深空探测大国，更是当仁不让的深空探测强国和行星科学强国。深空探测的第一次热潮在 20 世纪 60—70 代，即通常所称的美苏争霸时期。第一次深空探测热潮退去时，美国取得全面胜利，而先期领先的苏联则从此一蹶不振。第二次热潮从 20 世纪 90 年代中期至今，美国全面引领，欧盟与日本稳步发展，中国正在崛起，印度、以色列等新兴国家陆续加入，而苏联的主要继承者俄罗斯至今仍未复兴。两个深空探测大国，一兴一衰，能够给其他志在发展深空探测的国家带来什么启示？

第一次热潮前期，苏联在行星探测上取得了辉煌成就。俄罗斯民族最早把对太空的痴迷从神话转向科学，拥有悠长的民众基础。1883 年，齐奥尔科夫斯基①就提出了火箭发动机推力公式，点燃了民众对于星际旅行的科幻热情。20 世纪 20—30 年代，在飞机技术的带动下，苏联兴起了一次航空航天热潮，相关的技术实验室、研究所、学院、学会建立起来，各种行星研究俱乐部也纷纷出现。科罗廖夫领导的喷气装置研究业余爱好者小组（GRID）研制的首枚 2.4 米小型火箭 1933 年发射成功，但这次热潮最终因被斯大林镇压而结束[3]。20 世纪 40 年代中期，随着纳粹德国的崩溃，苏联和美国均得到了德国的 V2 火箭技术，几乎站在了同一起跑线上。然而美国更重视人才，美国把著名科学家冯 · 布劳恩等 100 多位关键的 V2 火箭相关科技人员招募到美国工作。苏联则把 V2 火箭制造硬件设施全部移到了苏联，重新建立了 V2 生产线。硬件设备的引入使得苏联在美苏太空竞争短期内处于明显优势，而人才的引入使得美国后劲十足。

20 世纪 50 年代末，科罗廖夫团队提出人造地球卫星计划，并于 1957 年 10 月发射成功，人类从此进入太空时代。几个月后，著名空间物理学家范艾伦领

① 人类航天历史上，3 位最著名科学家（苏联的康斯坦丁·齐奥尔科夫斯基、美国的罗伯特·戈达德、德国的赫尔曼·奥伯特）之一；现代宇宙航行学的奠基人，被称为“航天之父”；最先论证了利用火箭进行星际交通、制造人造地球卫星和近地轨道站的可能性，指出发展宇航和制造火箭的合理途径，找到了火箭和液体发动机结构的一系列重要工程技术解决方案。齐奥尔科夫斯基有一句名言：“地球是人类的摇篮，但人类不可能永远被束缚在摇篮里。”

导研制的美国“Explore 1”卫星发现了空间中的辐射带。该辐射带以范艾伦的名字命名，也让他成为历史上唯一获得克拉福德奖（四年颁发一次，有人称其为“地球科学诺贝尔奖”）的空间物理学家。事实上，苏联卫星率先记录到了辐射带存在的证据，但被认为是仪器问题而错失了这一伟大发现。这一著名事件成为美苏深空探测思路分歧的象征。今天看来，美苏争霸分出胜负的最关键因素正是在于美国从一开始就确立了“科学引领”的思路。

进入到20世纪60年代，科罗廖夫领衔的探测工程团队大放异彩，而他本人也成为历史上最伟大的火箭工程师。除了月球探测，苏联还在金星、火星、彗星探测上取得了压倒性的优势，实现了10多项“首次”。比如：1961年探测器到达金星，1962年探测器到达火星，1966年探测器着陆金星，1971年实现火星表面成像，1975年实现金星表面成像等。尤其是在金星探测方面，面对90倍于地球的大气压，400多摄氏度的高温，人类迄今仅有的8次金星表面成功着陆全部由苏联完成。但是，取得这么多“首次”的深空探测大国何以走向衰落？深空探测历史专家、爱尔兰学者哈维对比苏联和美国，归纳了4点原因[3]：① 工业整体水平与太空竞赛的要求不匹配，过多的探测任务导致了高失败率；② 政治环境不稳定，组织架构混乱，过度内部斗争等导致稀缺资源被滥用，国家经济不堪重负；③ 管理体制封闭，缺乏有影响力的学术和非学术宣传平台，科学成果未能在国际学界和公众渠道宣传，导致深空探测成果被大大低估；④ 国家经济持续下滑，不能给探测和研究提供经费保障，人才外流到其他国家。除此之外，我们还思考了另外一个更重要的原因：苏联的举国体制确实是计划性强，效率很高，这是能够前期领先的重要原因；但是，到了后期，如果没有科学引领，就削弱了深空探测的必要性、能动性和先进性，最终导致苏联落后于美国。

随着苏联的衰落，美苏争霸时期走向尾声。20世纪80年代，美国里根政府考虑中止或取消所有的行星研究与深空探测计划，“挑战者号”航天飞机的爆炸也给公众心理蒙上长久的阴影[2]。与苏联境遇不同的是，美国的行星科学教育体系已经相当完备，在美国亚利桑那大学之后，哈佛大学、耶鲁大学、麻省理工学院等几十所顶尖大学都已建立“行星科学系”或者在地球科学系的基础上建立“地球与行星科学系”。在充足的教育经费支持下，借助积累下的行星科学数据和月壤样品，美国培养出了大批行星科学人才。尽管没有新的探测计划，行星科学研究却依然蓬勃发展起来。有标志性的是月球与行星科学会议（The Lunar and Planetary Science Conference），该会议自1970年创办，参会人数逐年增多，至今从未间断，2019年已达到约3 000人的规模。到20世纪90年代中期，美国国家航空航天局（NASA）改变了国家顶层设计的思路，提出“更快、更好、更经济”的标准，向科学家开放申请探测研究计划，从而掀起了第二次深空探测热潮。前期培养出的行星科学家在这一次热潮中扮演了主角，他们联合工程师共同提出科学目标和探测方案，到美国国家航空航天局参加竞争和遴选。事实上，鲜有项目能同时满足三“更”，由前沿科学家组成的专家组评审时往往是科学目标的创新性优先，兼顾三“更”。美国的行星科学家也有烦恼：学科发展过于迅猛，子学科和研究领域划分趋向精细化；主流学术期刊种类繁多，每期动辄上千页的规模；主流学术会议规模庞大，相关主题在各分会场平行进行；绝大部分人只能做个专家，成为通才已经不太可能。这门新兴的学科未来如何发展，青年人才如何培养，在美国也是一直被热议的话题。

如果说第一次热潮的主题是探测竞赛，比的是谁先跑得最快，那么第二次热潮的主题应是科学竞赛，比的是谁先看得最深。人们已经不满足于到行星表面看一看，而是看向时间的深处——研究行星的演化历史，看向空间的深处——研究行星的内部结构，看向

人类的深处——研究生命起源和寻找地外生命。而流失了行星科学人才的俄罗斯很难再加入竞赛，其低迷的经济形势也很难从全世界吸引人才。

3 强国之路：加快建设行星科学一级学科

毫无疑问，中国是第二次深空探测热潮中最受世界瞩目的。“嫦娥工程”4 次卫星发射均圆满成功，最新的“嫦娥四号”首次登陆月球背面，展现出强大的综合国力。中国还规划了后续包括月球、火星、木星、小行星等在内的更为引人注目的探测计划[4]。中国，一个新的深空探测大国正逐渐崛起。

对照历史，中国深空探测当前正处在一个岔路口，至少有一条“美国之路”和一条“苏联之路”摆在面前。当然，我们要走一条有中国特色的深空探测之路。但迄今为止，中国虽有世界瞩目的深空探测工程，却鲜见有国际影响力的重大科学发现；中国有国际化的高水平行星科学家队伍，却没有提升本国深空探测的科学产出；中国有世界一流的研究型大学，却尚未建立行星科学一级学科；中国从来不乏对太空痴迷的青年人，却一直没有行星科学教育体系。对比深空探测大国苏联，中国还比较缺乏行星科学的民众基础和技术积累；对比行星科学强国美国，中国缺乏的是一整套的行星科学研究平台和人才培养体系。

我们意识到，当前是以科学竞赛为主题的第二次深空探测热潮。尽管中国仍未超过美苏在第一次探测热潮时的技术成就，但世界行星科学水平已经远超当年。这决定了中国无法直接照搬任何国家的经验，而是需要去探索一条全新的道路。

我们注意到，中国行星科学研究已经初具规模。中国科学院下属的地质与地球物理研究所、地球化学研究所、国家天文台、国家空间科学中心、紫金山天文台、上海天文台、新疆天文台、广州地球化学研究所、空天信息研究院等 10 多家研究所多年来已经开展行星科学研究。中国科学院大学、中国科学技术大学、北京大学、中山大学、中国地质大学、南方科技大学、山东大学（威海）、桂林理工大学等 20 多所高校已经成立了行星科学相关的学院或研究机构，澳门科技大学还成立了相关的国家重点实验室。中国地球物理学会、中国天文学会等学术团体已经成立了行星科学相关分支机构。中国第一份国际化的行星科学期刊 *Earth and Planetary Physics* 已经出版了 2 年。

我们观察到，中国行星科学教育已经开始萌芽。尽管国务院学位委员会和教育部发布的国家学科设置中尚无行星科学学科，行星科学的研究生还是以交叉学科的方式，在地球物理学、地质学、地球化学等学科下培养。但这个情况，已经比美国国家航空航天局在 1958 年面临的情况好了非常多。

我们认识到，中国行星科学将率先脱胎于地球科学。中国当前的相关情况与 1969 年美国的情况截然不同。在上一部分末尾曾提到，当前科学竞赛比的是谁看得深，行星的内部结构、地质演化历史、生命起源环境等前沿问题是以地球科学研究方法为主的综合交叉研究。学界公认，以地球与行星对比研究为主的比较行星学，必将对地球科学另一前沿——地球系统科学——起到极大推进作用。

我们发现，开放的和国际化的行星科学学科建设道路是唯一的选择。科学没有国界，深空探测承载的是全人类的共同梦想和对最深邃问题答案的孜孜追寻。苏联没有走国际化的道路，其探测成果未能及时融入人类现代知识体系，不仅科学价值被大大低估，最终也失去了民众的支持。科学发现只认第一，没有第二。对接国际，才能避免对人类知识体系并无贡献的重复“发现”。

我们坚信，人才培养永远是第一位的。苏联如果没有 20 世纪 20—30 年代培养的科罗廖夫等一大批工程技术人才，就没有其在第一次热潮中的领先。美国如果没有在第一次热潮中和 20 世纪 80 年代探测低潮期培养的行星科学人才，就没有其在第二次热潮中的

领航。而流失了人才的俄罗斯也许需要比中国更长的时间才能成长为行星科学强国。

*我们憧憬，中国的深空探测必将实现科学引领。*苏联的深空探测大国之路始于技术先行，止于技术与科学并行；美国的行星科学强国之路始于技术科学并行，转型为科学引领和科学与技术并行。中国当前是技术先行，下一阶段应转型为技术与科学并行，同时加强行星科学的学科建设和人才队伍建设，最终实现科学引领和科学与技术并行。中国未来的深空探测，将由科学家主导，科学家与工程师共同合作，形成分工明确、高效率和有强大凝聚力的团队。中国首次火星探测计划正在这样的道路上努力探索，科学家和工程师一起，共同致力于提升中国深空探测的成果产出和国际影响力，为中华民族的伟大复兴做先锋。

开弓没有回头箭。深空探测大国中国正在崛起，必将迈向行星科学强国。我国深空探测起步晚，行星科学起点高，留给我们的时间很短，然而要走的路又很远，这是中国面临的新形势和新情况。但我们有信心，充分利用后发优势，加快建设行星科学一级学科，共建创新人才培养体系，补齐科学短板，走出一条有中国特色的行星科学强国之路。

4 大国一诺：全面提升我国深空探测能力和行星科学国际影响力

最近两年，这次以科学竞赛为主题的探测热潮正在出现异化。2017 年，美国总统特朗普宣布，美国航天发展目标是“要把人类触角拓展至深空，包括月地空间、月球、火星表面与其卫星以及更远的地方”，长期目标是“拓展人类在近地轨道之外的永久存在”，包括“在另一个天体上建立潜在的人类栖息地”，及发展“繁荣的 21 世纪太空经济”[5]。然而，2018 年，美国副总统彭斯就声称将在 2020 年建立美国第六大军种——太空军，并且进一步称，“美军不仅应存在于太空，更应控制太空”。这一言论展示了美国的太空军事化倾向[6]。

人类深空探测的目的应该是什么？2018 年 11月14 日，习近平主席在致信祝贺亚太空间合作组织成立 10 周年时指出，外层空间是人类共同的财富，探索、开发、和平利用外层空间是人类共同的追求。中国倡导世界各国一起推动构建人类命运共同体，坚持在平等互利、和平利用、包容发展的基础上，深入开展外空领域国际交流合作。中国一贯主张合理开发、利用空间资源，保护空间环境，推动航天事业造福全人类[7]。

中国深空探测计划的目的又是什么？“嫦娥四号”首次到达月球背面后，中国的回答掷地有声：“探索浩瀚宇宙、和平利用太空，是全人类的共同梦想。以“嫦娥四号”任务圆满成功为标志，我国探月工程四期和深空探测工程将全面拉开序幕，今后的任务更加艰巨，面临的挑战前所未有。”[8]和平利用太空主要靠什么？当然是科学。没有行星科学的深空探测将无法超越第一次热潮中的苏联，也必然导致各种异化的“威胁论”或是“唱衰”。没有以行星科学一级学科为框架的人才培养体系，就无法走上行星科学强国之路，也难以践行中国探索浩瀚宇宙、和平利用太空的承诺。

因此，加快建设行星科学一级学科，全面提升我国深空探测能力和行星科学国际影响力，必将加速我国从深空探测大国迈向行星科学强国。

参考文献

1 Dale P C, Joseph W C. The beginnings of the division for planetary sciences of the American Astronomical Society. [2019-05-31]. https://dps.aas.org/history/chamberlain_cruikshank_1999.

2 Burns J A. The four hundred years of planetary science since Galileo and Kepler. Nature, 2010, 466: 575-584.

3 Harvey B. Russian Planetary Exploration History,

Development, Legacy and Prospects. New York: Springer-Verlag, 2007.

4 Wei Y, Yao Z, Wan W. China's roadmap for planetary exploration, Nature Astronomy, 2018, 2: 346-348.

5 廖政军. 美国推进深空探索战略. 人民日报, 2017-03-27(21).

6 胡泽曦. 美国"太空军"计划遭质疑. 人民日报, 2018-08-17(21).

7 习近平谈航天：星空浩瀚无比，探索永无止境. [2019-02-21]. http://cpc.people.com.cn/n1/2019/0221/c164113-30852331.html.

8 中共中央国务院中央军委对探月工程嫦娥四号任务圆满成功的贺电. 人民日报, 2019-01-12(1).

Toward a Power of Planetary Science from a Gaint of Deep Space Exploration

WAN Weixing[1,2*] WEI Yong[1,2] GUO Zhengtang[1,2] XU Yigang[2,3] PAN Yongxin[1,2]

(1 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract It has been four hundred years since Galileo first used telescope to kick-start the scientific observation of the universe in 1609. In 1959, the Soviet Union's Luna 2 arrived at the Moon for the first time in human's history, which started the era of deep space exploration. Ten years after, the United States landed the first astronauts on the lunar surface during the historic Apollo 11 mission in 1969, which led to the born of planetary science. Looking back to the sixty-years' history of human's deep space explorations, there were two upsurges of exploration led by the Soviet Union and the United States, respectively. The Soviet Union was leading in the space race in the beginning but they went downhill later on, leaving them a country with strong deep space exploration program only to the past. In contrast, the United States became a country with strong deep space exploration program and has been a leader of the world in the planetary science field since then. Exploring the vast universe is all human being's dream. As a growing country with rapid developing deep space exploration program, how China paves a way to build a strong planetray science program with China's characteristics based on Chinese national situation? Here we look into the history, study the present status, and think of future, and we provide authors' perspectives on this question: vigorously cultivate planetary science talents and realize science leading deep space exploration as soon as possible.

Keywords deep space exploration, planetary science, first level disciplines, national strategy

*Corresponding author



万卫星　中国科学院院士，中国科学院地质与地球物理研究所研究员。中国首次火星探测计划首席科学家，中国地球物理学会行星物理专业委员会主任，中国科学院地球与行星物理重点实验室主任，中国科学院大学行星物理学学科带头人。

E-mail: wanw@mail.iggcas.ac.cn

WAN Weixing　Professor of space physics, Academician of Chinese Academy of Sciences (CAS) . He is the Scientific Principal Investigator of China's first Mars mission, Chair of Planetary Science Sub-society, Chinese Geophysical Society, Director of Key Laboratory of Earth and Planetary Physics, CAS, and leading scientist on Planetary Physics in University of Chinese Academy of Sciences. E-mail: wanw@mail.iggcas.ac.cn

■责任编辑：文彦杰

参考文献（双语版）

1 Dale P C, Joseph W C. The beginnings of the division for planetary sciences of the American Astronomical Society. [2019-05-31]. https://dps.aas.org/history/chamberlain_cruikshank_1999.

2 Burns J A. The four hundred years of planetary science since Galileo and Kepler. Nature, 2010, 466(7306): 575-584.

3 Harvey B. Russian Planetary Exploration History, Development, Legacy and Prospects. New York: Springer-Verlag, 2007.

4 Wei Y, Yao Z H, Wan W X. China's roadmap for planetary exploration. Nature Astronomy, 2018, 2(5): 346-348.

5 廖政军. 美国推进深空探索战略. 人民日报, 2017-03-27(21).

Liao Z J. U.S. pushes forward its exploration of deep space. People's Daily, 2017-03-27(21). (in Chinese)

6 胡泽曦. 美国“太空军”计划遭质疑. 人民日报, 2018-08-17(21).

Hu Z X. The Space Force Plan of U.S. has been questioned. People's Daily, 2018-08-17(21). (in Chinese)

7 习近平谈航天：星空浩瀚无比，探索永无止境. [2019-02-21]. http://cpc.people.com.cn/n1/2019/0221/c164113-30852331.html.

Xi Jinping talks about spaceflight: The starry sky is vast and the exploration is endless. [2019-02-21]. http://cpc.people.com.cn/n1/2019/0221/c164113-30852331.html. (in Chinese)

8 中共中央国务院中央军委对探月工程嫦娥四号任务圆满成功的贺电. 人民日报, 2019-01-12(1).

A congratulatory message from the Chinese Communist Party Central Committee, State Council of the People's Republic of China, Central Military Commission of the lunar exploration project Chang'e-4. People's Daily, 2019-01-12(1). (in Chinese)